

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6084974号
(P6084974)

(45) 発行日 平成29年2月22日(2017.2.22)

(24) 登録日 平成29年2月3日(2017.2.3)

(51) Int.Cl. F I
B 8 1 B 3/00 (2006.01) B 8 1 B 3/00

請求項の数 20 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-528697 (P2014-528697)	(73) 特許権者	511112445 キャベンディッシュ・キネティクス・インコーポレイテッド CAVENDISH KINETICS, INC. アメリカ合衆国95134カリフォルニア州サンノゼ、ノース・ファースト・ストリート3833番
(86) (22) 出願日	平成24年9月4日(2012.9.4)	(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
(65) 公表番号	特表2014-529513 (P2014-529513A)	(74) 代理人	100081422 弁理士 田中 光雄
(43) 公表日	平成26年11月13日(2014.11.13)	(74) 代理人	100100479 弁理士 竹内 三喜夫
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/053699		
(87) 国際公開番号	W02013/033722		
(87) 国際公開日	平成25年3月7日(2013.3.7)		
審査請求日	平成27年7月14日(2015.7.14)		
(31) 優先権主張番号	61/530, 533		
(32) 優先日	平成23年9月2日(2011.9.2)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MEMSデバイス用の結合脚及びセミフレキシブルなアンカリング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1片持ばりと、

第2片持ばりと、

第1片持ばり及び第2片持ばりの両方に連結された一もしくは複数の脚と、ここで一もしくは複数の脚は、また、第1片持ばり及び第2片持ばりの両方から間隔をあけたアンカーエリアに連結される、
を備えたMEMSデバイス。

【請求項2】

第1片持ばり及び第2片持ばりの両方は、高周波電極及び一もしくは複数の第2電極の上方に配置される、請求項1に記載のMEMSデバイス。

10

【請求項3】

一もしくは複数の脚は、高周波電極に垂直に延在する、請求項2に記載のMEMSデバイス。

【請求項4】

第1片持ばりと、

第2片持ばりと、

第1片持ばり及び第2片持ばりの両方に連結された一もしくは複数の脚と、

を備え、

ここで一もしくは複数の脚は、また、第1片持ばり及び第2片持ばりの両方から間隔を

20

あけたアンカーエリアに連結され、

第 1 片持ばり及び第 2 片持ばりの両方は、高周波電極及び一もしくは複数の第 2 電極の上方に配置され、

一もしくは複数の脚は、高周波電極に垂直に延在し、

一もしくは複数の脚は、第 1 片持ばりと第 2 片持ばりとの間に延在する第 1 脚と、第 1 脚からアンカーエリアへ延在する第 2 脚とを備え、第 1 脚は、高周波電極に平行であり、第 2 脚は、高周波電極に垂直である、

M E M S デバイス。

【請求項 5】

上記アンカーエリアは、それを通して延在する複数のスロットを有する、請求項 4 に記載の M E M S デバイス。

10

【請求項 6】

アンカーエリアは、対応するスロットに隣接する一もしくは複数のリンクを備える、請求項 5 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 7】

アンカーエリアは、一もしくは複数の補剛エンドスタブをさらに備える、請求項 6 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 8】

上記補剛エンドスタブは、第 1 脚と平行に延在し、リンクよりも大きな長さを有する、請求項 7 に記載の M E M S デバイス。

20

【請求項 9】

リンクは、第 2 脚と平行な方向に延在する第 1 長さを有し、アンカーエリアは、第 2 脚と平行な方向に延在し第 1 長さよりも大きな第 2 長さを有する一もしくは複数の拡張リンクをさらに備える、請求項 8 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 10】

スロットは、隣接する補剛エンドスタブ間に存在する、請求項 9 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 11】

第 1 脚は、高周波電極の上方に配置される、請求項 10 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 12】

第 1 脚は、一もしくは複数の第 2 電極の上方に配置される、請求項 10 に記載の M E M S デバイス。

30

【請求項 13】

一もしくは複数の脚は、第 1 片持ばりと第 2 片持ばりとの間に延在する第 1 脚と、第 1 脚からアンカーエリアへ延在する第 2 脚とを備える、請求項 1 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 14】

上記アンカーエリアは、それを通して延在する複数のスロットを有する、請求項 13 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 15】

アンカーエリアは、対応のスロットに隣接する一もしくは複数のリンクを備える、請求項 14 に記載の M E M S デバイス。

40

【請求項 16】

アンカーエリアは、一もしくは複数の補剛エンドスタブをさらに備える、請求項 15 に記載の M E M S デバイス。

【請求項 17】

第 1 片持ばりと、

第 2 片持ばりと、

第 1 片持ばり及び第 2 片持ばりの両方に連結された一もしくは複数の脚と、
を備え、

50

ここで一もしくは複数の脚は、また、第1片持ばり及び第2片持ばりの両方から間隔をあけたアンカーエリアに連結され、

一もしくは複数の脚は、第1片持ばりと第2片持ばりとの間に延在する第1脚と、第1脚からアンカーエリアへ延在する第2脚とを備え、

上記アンカーエリアは、それを通して延在する複数のスロットを有し、

アンカーエリアは、対応のスロットに隣接する一もしくは複数のリンクを備え、

アンカーエリアは、一もしくは複数の補剛エンドスタブをさらに備え、

上記補剛エンドスタブは、第1脚と平行に延在しリンクよりも大きな長さを有する、
MEMSデバイス。

【請求項18】

上記リンクは、第2脚と平行な方向に延在する第1長さを有し、アンカーエリアは、第2脚と平行な方向に延在し第1長さよりも大きな第2長さを有する一もしくは複数の拡張リンクをさらに備える、請求項17に記載のMEMSデバイス。

【請求項19】

スロットは、隣接する補剛エンドスタブ間に存在する、請求項18に記載のMEMSデバイス。

【請求項20】

アンカーエリアは、第1長さを有する複数のリンクをさらに備え、複数のエンドスタブは第1長さよりも大きな第2長さを有する、請求項1に記載のMEMSデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、一般的に、MEMSデバイスに関し、及びMEMSデバイスをアンカー固定してスイッチング要素が共にスイッチングするのを確保するための設計に関する。

【背景技術】

【0002】

共にスイッチングする必要のあるMEMSデバイスアレイを作製する場合、デバイスの加工におけるバリエーションは、異なるスイッチ用の異なるしきい電圧に帰着する。加工のバリエーションは、エッチング工程のリソグラフィーの変動により横寸法を変更することができる。蒸着における変動は、材料の異なる厚さに帰着することができ、ランディング（landing）領域の蒸着における変動は、異なるスイッチの下の異なる粗さ値に帰着することができ、これは異なる量の付着あるいはスティクション（stiction）に帰着する。デジタル可変コンデンサを作製する場合、大きな静電容量変化を得るために広面積デバイスをスイッチングすることを望むかもしれない。広面積下でエッチング除去（etch out）するのは難しく、また、広面積デバイスを非常に厚くせずにそれらを支持するのは難しい。したがって、多くの小さなコンデンサーMEMSスイッチを作製し、それらを共にスイッチングするのが有利である。これに関する問題は、上で述べた変動が異なるデバイス用の異なる動作過電圧に帰着するということである。

【0003】

加えて、MEMS可変コンデンサは、少なくとも一つが可動である（また、膜と呼ばれる）2つのプレート（すなわち電極）を使用して形成することができる。2つの電極が共ににより接近するようになると、静電容量は増加する。可動電極は、柔軟な機械的支持体によってアンカー固定される。支持体の機械的剛性を克服し静電容量を変更するように膜を移動させるために静電力を使用することができる。

【0004】

機械的支持体の剛性は、機械的応力に非常に敏感である。したがって、従来の機械的支持体用の動作電気条件は大きな変動を受ける場合があり、電圧分布を広げ、信頼性を低下させる。これは、製造中に応力をコントロールすることによって部分的に修正することができる。しかしながら、応力をコントロールすることは、必ずしも容易な作業ではない。

10

20

30

40

50

【発明の概要】**【0005】**

したがって、上述の応力の問題に取り組み、かつスイッチアレイを共にスイッチングするのを確保する、MEMSデバイス用の技術における必要性がある。

【発明の要約】**【0006】**

本発明は、一般的に、アンカー領域において、及び/又は片持ばりの中央部で連結される脚によって共に連結される複数の片持ばりを有するMEMSデバイスに関する。その脚は、各片持ばりが同じ電圧で高周波電極の上方で移動/リリースすることができることを保証する。全ての片持ばりが共に移動するように、アンカー領域連結は、片持ばりのすべてのセクションにおいて機械的剛性を調和させる。

10

【0007】

一つの実施形態では、MEMSデバイスは、第1片持ばりと、第2片持ばりと、第1片持ばり及び第2片持ばりの両方に連結された一もしくは複数の脚で、第1片持ばり及び第2片持ばりの両方から間隔を置いたアンカーエリアにも連結される脚と、を備える。

【図面の簡単な説明】**【0008】**

【図1A】図1Aは4つのMEMS片持ばりデバイスを示す。

【図1B】図1Bは4つのMEMS片持ばりデバイスを示す。

【図2】図2は、結合脚を利用して4つの片持ばりがどのように移動可能で、互いにどのように援助可能かを示す。

20

【図3A】図3Aは、スタブのない設計に関してシミュレートされたゆがみである。

【図3B】図3Bは、スタブがある設計に関してシミュレートされたゆがみである。

【図4】図4は、平行なスロットを有するセミフレキシブルなアンカーの実施1を示す。

【図5】図5は、実施1に関して黒区域でマークした補剛(stiffening)エンドスタブの可能な場所を示す。

【図6】図6は、後の平坦度レベルを増すためにダミーのフィルを含む、延在した平行なスロットを有するセミフレキシブルなアンカーの実施2を示す。

【図7】図7は、実施2に関してエンドセクションスタブ用の他の可能な形態を示す。

【図8】図8は、直角で平行なスロットを有するセミフレキシブルなアンカーの実施3を示す。

30

【図9】図9は、実施3に関して補剛エンドスタブの可能な場所を示す。

【図10】図10は、ダミーの金属を除去し別のスロットを加えて、実施2に基づいたセミフレキシブルなアンカーの実施4を示す。

【図11】図11は、区域でマークされた実施4に関する補剛エンドスタブの可能な場所を示す。

【発明を実施するための形態】**【0009】**

本発明の上述の特徴を詳細に理解することができるように、上で簡単に要約した発明のより詳細な記述が実施形態を参照して行うことができ、その内のいくつかは添付の図面に図示されている。しかしながら、添付図面はこの発明の典型的な実施形態のみを説明するものであり、よって発明が他の同様の実施形態を認めるために、発明の範囲を限定するように考えられるべきではないということに注意すべきである。

40

【0010】

理解を容易にするために、図に共通の同一の要素を指定するため、可能な限り同一の参照符号を使用している。一つの実施形態に開示された要素は、特記することなく他の実施形態においても有利に利用することができると思う。

【0011】

本発明は、一般的に、アンカー領域において、及び/又は片持ばりの中央部で連結される脚によって共に連結される複数の片持ばりを有するMEMSデバイスに関する。その脚

50

は、各片持ばりが同じ電圧で高周波電極の上方で高周波電極から移動しリリースすることができることを保証する。全ての片持ばりが共に移動するように、アンカー領域連結は、片持ばりのすべてのセクションにおいて機械的剛性を調和させる。

【 0 0 1 2 】

共にスイッチングしないスイッチング要素アレイの問題を解決するために、小さなMEMS片持ばり静電容量スイッチの列は、一つのもが動いたとき、それに隣接したのもも動かされる力が存在するように、共に機械的に結ぶことができる。そのようなデバイスの全体のラインは、このような形態でつなくことができる。

【 0 0 1 3 】

片持ばりのアレイは、同じ空胴に収容することができる。片持ばりを共に接続することによって、付着による問題のためアレイの一つがスイッチングしない可能性が低減される。アレイの全てのもが、付着の差又は加工あるいは各スイッチの変動によって引き起こされる変化を低減する類似の電圧でスイッチングすることもまた確保される。

【 0 0 1 4 】

スイッチのアレイの全てが共にスイッチングすることを確保することにいくつかの利点がある。一つの利点は、アレイ用の動作過電圧における変動が低下するということである。別の利点は、より均一のスイッチングがアレイからアレイまでであるということである。追加的に、そのアレイと同じ面積の広面積MEMSデバイスの場合と比較して、そのアレイの下でより速い犠牲的なエッチングが達成されるかもしれない。デバイスが共につなげられない場合には、いくつかのデバイスは、それらの隣接のものよりもスイッチングするためにより大きな電圧を必要とするだろう。即ち、これらのデバイスは、静電電圧を設けるために同じ金属パッドを上方あるいは下方に共有するので、早めの(early)スイッチングを有するデバイスは過電圧にさらされるだろう。過電圧は、特にその早めのスイッチングデバイスに関して寿命の低下に結びつくかもしれない。したがって、デバイスの結合はデバイス寿命を増すであろう。

【 0 0 1 5 】

図1A及び図1Bは、4つのMEMS片持ばりデバイスを示す。領域1は、上部片持ばりの右上側及び左上側を持ち上げる2つの脚を示す。MEMS片持ばり2は、プルダウン電極を真下に有し、上方にプルアップ電極を有することができる。領域3は、片持ばり2及び片持ばり4を連結する結合脚領域を示す。片持ばり2、4の両方は、右側の脚5を共有する。これは、他の脚とともに他方側に反映される。脚は、6で示された領域でアンカー固定される。

【 0 0 1 6 】

図1Bにおいて、破線は、MEMSデバイスのアレイの下のパッドの端を示す。この例では、電極7は、RF可変コンデンサ用の絶縁体で覆われてもよい高周波電極である。MEMSデバイスがアースされるとき、高周波電極とアースされたMEMSデバイスとの間の静電容量は、電極8に電圧をかけることにより変更することができる。片持ばり2、4が高周波電極7に接近するように電極8は片持ばり2、4のアレイを引っ張り、よって高周波電極7からグランドへの静電容量は増加する。アレイ上方のプルアップ電極は、片持ばり2、4を空胴の天井(図示せず)へ引っ張るために使用される。このことは、高周波電極7に関して最小の静電容量を提供する。図2は、結合脚を利用して、4つの片持ばりがどのように移動して互いに援助可能かを示している。

【 0 0 1 7 】

セミフレキシブルなアンカリング機構に関して、ここで示したセミフレキシブルなアンカリング機構は、動作電圧を機械的応力(残留、温度など)にあまり敏感ではなく、同時に動作電圧を低下する方法を提供する特別な様式で配列された機械的なデカップリングループを使用する。ここで示された2つの追加の設計特徴は、膜に沿った均一のゆがみを得て、よって、動いている膜の等しく分配された衝撃力を達成する可能性を加え、MEMSデバイスの信頼度を向上させる。これらの特徴は、膜に沿って異なる場所に置くことができる機械的リンク、及び膜のすべてのセクションにおいて機械的剛性を調和させるエンド

10

20

30

40

50

セクションスタブである。

【0018】

ここで示されたセミフレキシブルなアンカリング機構を使用することによって、機械的な取付具の剛性を低下することにより、より低い動作電圧を達成すること、及び応力（残留、温度等で引き起こされる）の影響を減じることが達成可能であり、それにより、最大静電容量に達するのにより少ない過電圧でよく、よってデバイスの信頼度を改善する。

【0019】

膜に沿ったエンドスタブ及び結合の追加は、次のものを提供する。即ち、エンドスタブに関して均一なもののように同調して移動させて、膜体に沿った機械的剛性を調和させること、及び膜に沿った結合に関して単一の均一なもののようにリンクがスイッチを動かすこと、を提供する。さらに、均一の変位は、衝突場所（impact locations）での局所的なダメージポイントを減じることによってデバイスの信頼度を改善し、RF効率は電流の再分配により改善される。

【0020】

ここで論じられるものは、以下に示される4つのタイプのセミフレキシブルなアンカー固定機構であり、これらは異なった形態を有し、異なる剛性を設けている。セミフレキシブルなアンカーの異なるセクションの長さ及び幅を調整することにより、この剛性を変更することが可能である。より長くより狭いリンクは、膜の剛性を低くし、したがって動作電圧を低下させる。

【0021】

柔軟なアンカーは、また応力解放機構として働く。引張あるいは圧縮応力が機械的構造に影響する場合、このセミフレキシブルなアンカーは、膜の本体の形状に影響することなく応力解放ループを提供し、したがって膜の均一な動作を可能にする。

【0022】

図4、図6、図8及び図10に示される4つの実施のすべては、可能なMEMS可変コンデンサの平面図を示し、これは2つの「プルイン電極」（制御電極とも呼ばれる）、「プルイン電極」に平行に配置される一つの「RF」電極、及び、膜を備え、膜は「セミフレキシブルなアンカー」及び下部金属層にこの膜を取り付ける「アンカー」を含んでいる。

【0023】

エンドスタブ

図3A及び図3Bは、一定で均一な圧力が作用した場合の、膜のゆがみのシミュレーション結果を示す（図3A及び図3Bは、単に膜の中心に沿った対称境界条件を使用してシミュレートされた半分だけのモデルを示す）。図3Aでは、補剛（stiffening）スタブはなく、膜のエンドセクションは中央セクションよりも大きくゆがむ。図3Bでは、スタブが加えられ、それらの寸法は、均一なゆがみを得るためにシミュレーションによって最適化した。異なるセミフレキシブルなアンカー機構が、スタブの異なる配置及び寸法によって使用することができる。以下の各実施の記述内にオプションを示す。

【0024】

実施1 - アンカーにおける平行スロット

セミフレキシブルなアンカーを生成するために、アンカーに平行したスロットが図4に示される実施において使用される。スロットの使用によって剛性が減じられ（充滿幅（full-width）アンカーと比較して）、スロット/ビーム/リンクの数及び寸法を変更して、それを調整することができる。図4は、また膜結合の実施も示しており、この場合、膜結合は高周波電極の上部に位置する。結合リンクの幅が広いほど、デバイスはより均一に作動すべきであり、応力の問題は存在しないと考えられる。

【0025】

この形態は、単一構造のように全RF部を引き上げるという利点を有し、最大静電容量においてより良い分配（distributions）を達成することを支援することができる。これはまた、全てのセクションが互いに助けになることができるので、より良いホット

10

20

30

40

50

スイッチ（制御電圧が除かれたとき、最大静電容量から膜を解放する高周波電圧）が提供されるかもしれない。

【0026】

膜のエンドセクションにおける補剛スタブに関して、図4は、破線円内にこの特別の設計のために最適化されたスタブを示す。図5では、スタブに関する他の可能な場所が示されている。任意の組み合わせもまた使用可能であろう。エンドセクションにおける補剛スタブの主な目的は、このエンドセクションのビームの剛性を増加させることである。これは、このエンドセクションがリンクの中心線に沿って対称境界条件を強いる隣接セクションを有しないので、必要である。標準リンクにおける対称境界条件は、柔軟なアンカーのより大きな剛性に帰着する。最後のセクションの剛性を増加させることによって、その柔軟なアンカーの剛性は、内部セクションの柔軟なアンカーの剛性に一致する。

10

【0027】

実施2 - アンカーにおける拡張された平行スロット

これは、図4に示す実施に類似するが、より低い剛性、及びよってより低い動作電圧を得るために、より長いリンクする棒（linking bar）（二重円の内部に示される）を有する。その後の犠牲層の蒸着（sacrificial depositions）の平坦度を改善するために、リンクを拡張することにより生成された隙間は、ダミーのピース（pieces）で満たされる。この場合、膜結合が、RFの上部以外の場所で起こる。この場合、隣接セクションが互いをさらに機械的に助けるので、ホットスイッチ電圧はさらに改善され、また、高周波電極における電圧により、高周波電極に接触する領域が減るので、それぞれのセクションを引き下げる静電力は減じられる。膜リンクの場所及び寸法は、膜の長さ方向において考えられる応力問題を考慮して最良の機械的性能を得るために変更可能である。膜の端部での機械的なリンクにおける補剛スタブがまた図6に示されており、これは最後のリンクを残りのリンク（破線円に2つのみが見られる）よりも幅を広く（より硬い）している。エンドセクションスタブに関する他の可能な形態が図7に示されている。これらのスタブは、個々にあるいは組み合わせられて使用可能である。

20

【0028】

実施3 - アンカーにおける平行及び直角のスロット

さらに低い剛性を有するセミフレキシブルなアンカリング機構の異なる実施が図8に示されている。この設計は、図4に示されるものに基づき、ここでは柔軟なセクションが柔軟なアンカー設計（二重円で示される）に加えられる。これらの特別なリンクは、膜がゆがんだときに曲がり、低下された機械的剛性を生成する。この形態は、実施1及び実施2で示すものよりも応力の問題に、より敏感である。図8に示される実施では、そのように加えられたものにリンクする膜はなく、膜セクション間のリンクは、脚の両側におけるセクションの膜に接続する追加の「脚」である。膜の端での機械的なリンクにおける補剛スタブがまた図8に示されている（破線円）。エンドセクションスタブに関する他の可能な形態が図9に示されている。これらのスタブは、個々にあるいは組み合わせられて使用可能である。

30

【0029】

実施4 - アンカーにおける二重の延在した平行スロット

図10に示される実施は実施2の改訂であり、ここでダミーの金属充填は別のスロットで取り替えられる。このことは、動作電圧を低下させる。図11は、区域でマークされた、実施4に関する補剛（stiffening）エンドスタブの可能な場所を示す。

40

【0030】

膜結合に関して、図4（RFの上）、図6（RF以外の場所）、及び図8（柔軟なアンカーが膜に取り付けられている以外に結合は無い）において、3つの異なる膜結合が示されている。設計可能なより多くの変更が存在する。即ち、X個の膜セクション毎にリンクする、X個の膜セクション毎に「ジグザグ」形態にて、及び、X個の膜セクション毎に異なる位置にて、である。

【0031】

50

上述の内容は本発明の実施形態に向けられているが、本発明の他の及びさらなる実施形態がその基本的な範囲から外れることなく工夫されてもよく、その範囲は、以下の請求範囲によって決定される。

【図 1 A】

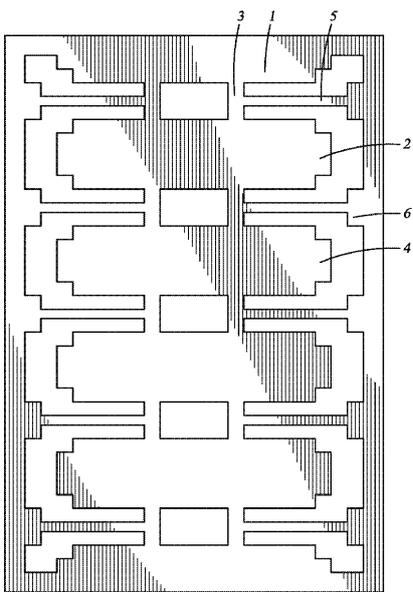


Fig. 1A

【図 1 B】

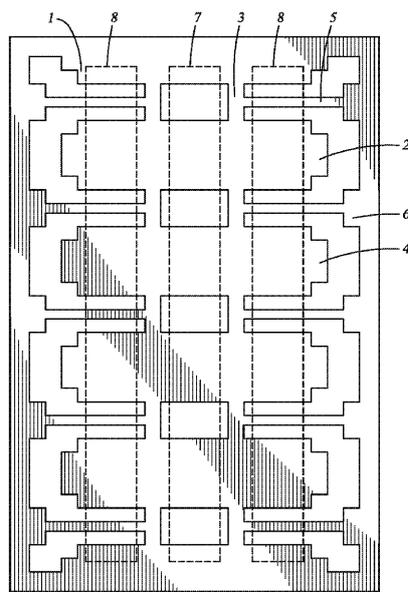


Fig. 1B

【図2】

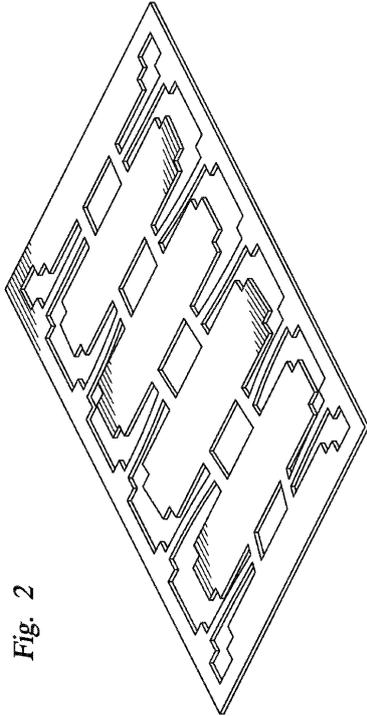


Fig. 2

【図3A】

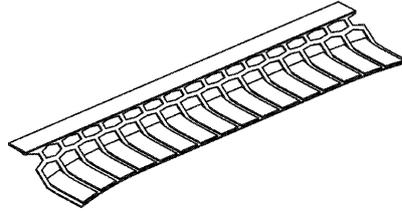


Fig. 3A

【図3B】

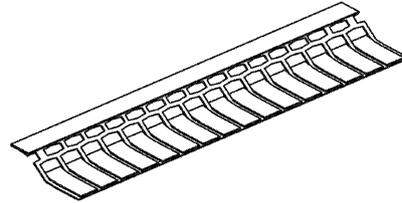
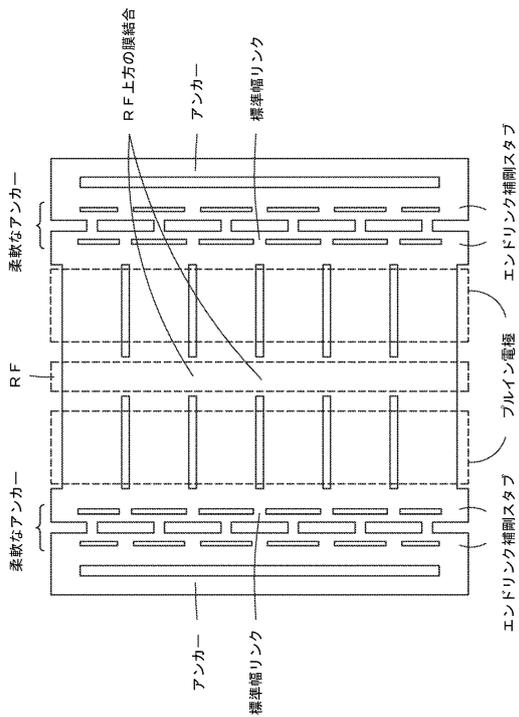


Fig. 3B

【図4】



【図5】

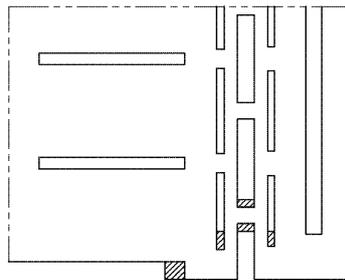
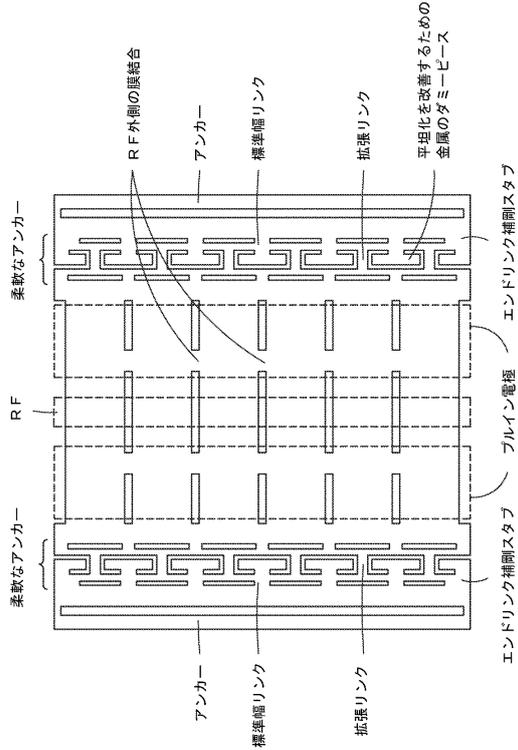


Fig. 5

【 図 6 】



【 図 7 】

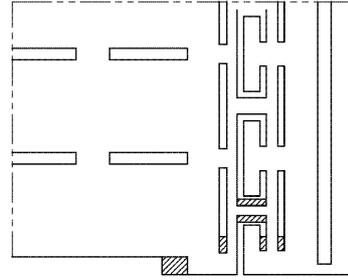
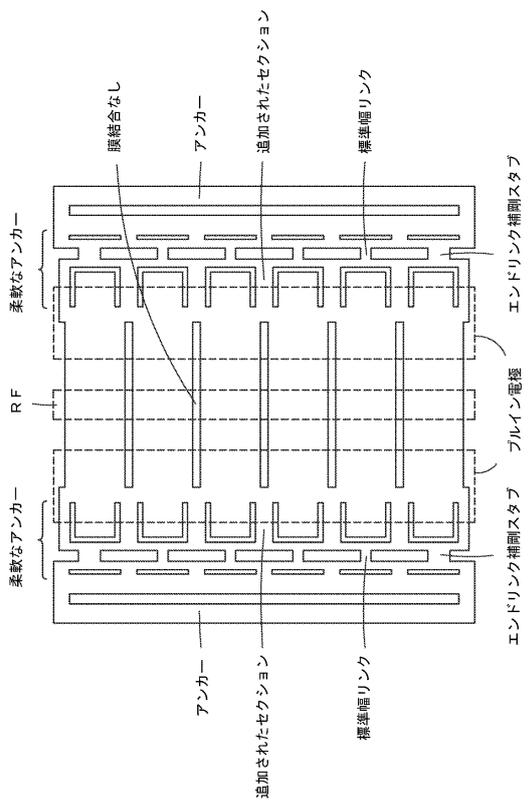


Fig. 7

【 図 8 】



【 図 9 】

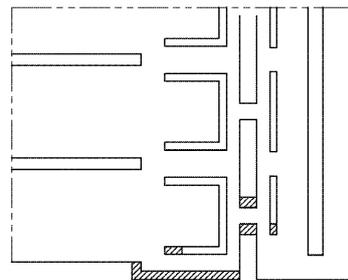
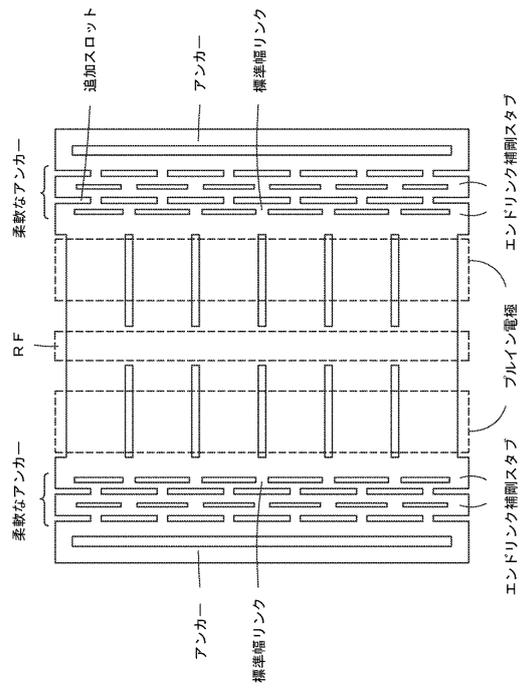


Fig. 9

【図10】



【図11】

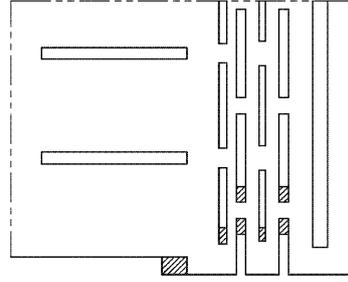


Fig. 11

フロントページの続き

- (72)発明者 ロベルトウス・ペトルス・ファン・カンペン
オランダ、エヌエル - 5 2 3 6 イックスエル・スヘルトーヘンボス、スパンヤールトワールト 2 5
番
- (72)発明者 アナルツ・ウナムノ
オランダ、エヌエル - 6 0 4 2 アーエヌ・ルールモント、レ・ブロン・デ・フェクセラストラート
3 1 番
- (72)発明者 リチャード・エル・ナイプ
アメリカ合衆国 7 5 0 7 1 テキサス州マッキニー、カウンティ・ロード 1 0 0 6、4 1 0 1 番
- (72)発明者 ロベルト・ガッディ
オランダ、エヌエル - 5 2 1 5 ヘーヴェー・スヘルトーヘンボス、レッヘストラート 1 0 番
- (72)発明者 ラシード・マハミード
アメリカ合衆国 9 7 0 0 7 オレゴン州ビーバートン、サウスウエスト・グラフィート・テラス 9 2
0 0 番

審査官 細川 翔多

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 0 5 0 6 7 5 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 5 6 2 9 7 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 1 6 6 3 2 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 1 8 7 0 7 6 (U S , A 1)
米国特許第 0 7 3 2 1 2 7 5 (U S , B 2)
特開 2 0 1 0 - 1 7 2 1 9 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 8 1 B 1 / 0 0 - 7 / 0 4
B 8 1 C 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
H 0 1 L 2 7 / 1 4
H 0 1 H 5 9 / 0 0